Entomologica Austriaca
www.entomologie.org Band 25: 25–49 Wien, 17.03.2018

Zeitliche und räumliche Verteilung alpiner Tagfalter (Lepidoptera: Papilionoidea) entlang eines Höhengradienten in den Zillertaler Alpen (Österreich)

Ekaterina Savchenko, Lena Nicklas, Norbert Milasowszky & Harald W. Krenn

Abstract: Temporal and spatial distribution of alpine butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) above the tree line in Zillertal Alps. This study primarily investigated the phenology of alpine butterflies (Papilionoidea) occurring above the tree line during the vegetation period of summer 2016 in the Zillertal Alps (Austria). A second aspect was an assessment of the spatial distribution of butterflies and a description of the species composition in the various habitats over an altitudinal gradient of almost 700 meters in the alpine environment. Based on 'Butterfly Monitoring Scheme', the monitoring method was modified to the alpine conditions of the area. A total of 35 species of butterflies with 1356 observations were recorded during 23 days between June 28th and August 15th 2016. Early flying species, e.g. *Colias palaeno, Erebia pandrose, E. medusa* and *Callophrys rubi*, were distinguished from butterflies which appeared later in the season, such as *E. melampus, E. eriphyle* and *E. manto.* Subalpine and alpine butterfly communities were distinguished along the altitudinal gradient. The spatial distribution of butterflies was assessed with a focus on representatives of the genus *Erebia*, which was analysed in 29 transects of the study area. Thus, *Erebia pandrose* appeared in late June to early July in all altitudes (1904–2580 m a.s.l.), with a clear preference for higher altitudes. *Erebia medusa* belonged to those butterflies with an early flight season and occurred in lower and medium altitudes (1904–2384 m a.s.l.). *Erebia pharte* was most abundant in the lower transects (1904–2209 m a.s.l.), especially in the second half of the research period. *Erebia melampus*, *E. manto* and *E. euryale* were observed at the end of July with a main distribution in the lower altitudes (1904–2167 m a.s.l.). Differences between the species in terms of temporal differentiation of the flight season and spatial distribution in the various habitats at different elevation were interpreted as aspects of niche partitioning.

Key words: alpine butterflies, altitudinal gradient, phenology, distribution

Citation: Savchenko E., Nicklas L., Milasowszky N. & Krenn H.W. 2018: Zeitliche und räumliche Verteilung alpiner Tagfalter (Lepidoptera: Papilionoidea) entlang eines Höhengradienten in den Zillertaler Alpen (Österreich). – Entomologica Austriaca 25: 25–49.

Einleitung

Es gibt zahlreiche Arbeiten, die die Eignung von Tagfaltern (Papilionoidea) als Bioindikatoren zeigen und diese für verschiedene ökologische und naturschutzbiologische

Fragestellungen heranziehen. Beispielsweise konnten Musche & Wiemers (2013) eine Korrelation zwischen den jährlichen Schwankungen der Jahresmitteltemperatur und den CTI-Werten (Climate Impact Indicator) von Libellen und Tagfaltern nachweisen. Der Einfluss der Temperatur zeigt sich auch in der Phänologie der Tagfalter, etwa in der Verschiebung des ersten Erscheinens oder des Höhepunkts der Flugzeitaktivität einzelner Arten (Roy & Sparks 2000, Stefanescu et al. 2003). Einige Studien weisen auch auf einen Zusammenhang zwischen temperaturbedingten Verschiebungen in der Phänologie und den Habitatbedingungen hin (Altermatt 2012, Illán et al. 2012, Zografou et al. 2015). Neben der geographischen Lage und dem Witterungsverlauf im Jahr hat die Höhenverbreitung im Gebirge einen wichtigen Einfluss auf die Flugperiode von Tagfaltern. Ähnlich wie bei manchen wechselwarmen Organismen ist die Aktivitätsperiode der Tagfalter in Berglagen und höheren Breiten kürzer als bei vergleichbaren Arten tieferer Lagen und zeitlich nach hinten verschoben (Gutiérrez & Menendez 1998, De Arce Crespo & Gutiérrez 2011). Langzeituntersuchungen (De Arce Crespo & Gutiérrez 2011, Altermatt 2012, Zografou et al. 2015) belegen, dass Unterschiede in der Phänologie nur bei gleichzeitiger Betrachtung der Habitate sinnvoll interpretiert werden können (Altermatt 2012). Tagfalter sind in der Regel im Freiland ohne großen Zeitaufwand gut bestimmbar und eignen sich auch aus diesem Grund für Langzeituntersuchungen, die Aussagen über Veränderungen des Klimas und des Lebensraumes zulassen (Roy & Sparks 2000, Parmesan 2006, 2007). Daher werden in vielen europäischen Ländern standardisierte Monitoringprojekte durchgeführt (z. B. Altermatt et al. 2008, van Swaay et al. 2008, Kühn et al. 2014). Dabei wurden Schmetterlinge überwiegend in den tieferen Regionen untersucht; allerdings sprechen wichtige Argumente auch für Untersuchungen der alpinen Schmetterlingsfauna. Habitatsveränderungen unterliegen meistens anthropogenen Einflüssen (Fischer & Lindenmayer 2007), wohingegen die Alpen naturnahe Lebensräume beherbergen (Huemer & Pennerstorfer 2004, Stettmer et al. 2011, Pennerstorfer 2013). Die Artenzahl nimmt mit zunehmender Höhenlage ab (Embacher 1996, Habeler 2001), dennoch gehören alpine Lebensräume zu den Hot-Spots der Biodiversität (Grabherr et al. 2000). 35 endemische und subendemische Schmetterlingsarten kommen nur in Gebirgsregionen Österreichs vor oder haben dort ihren Verbreitungsschwerpunkt (Huemer 1998, Rabitsch & Essl 2009). Aktuell besteht ein Bedarf an Untersuchungen in geographischen Gebieten, die sensibel auf Klimaerwärmung reagieren, beispielsweise durch die rasche Verschiebung der Verbreitung der Lebensgemeinschaften im Höhengradient (De Arce Crespo & Gutiérrez 2011).

Eine Grundlage für solche Untersuchungen soll die vorliegende Studie schaffen. Dabei wurde die Erhebungsmethode des „Manual for Butterfly Monitoring" den Bedingungen des Hochgebirges angepasst, da sich die darin publizierten Rahmenbedingungen auf ein Monitoring in Untersuchungsgebieten im Tiefland beziehen (Van Swaay et al. 2012). In den Empfehlungen des Biodiversitäts-Monitorings der Schweiz (Altermatt et al. 2008) für Untersuchungen im Gebirge wird eine verkürzte Aufnahmezeit von 30. Juni bis 24. August vorgeschlagen, da sich die Vegetationsperiode mit zunehmender Höhe verkürzt (Sømme 1989, Körner 1999, 2003). Eine Studie über geeignete Witterungsverhältnisse für die zuverlässige Erfassung von Tagfaltern in alpinen Lebensräumen wurde im Jahr 2007 im Zemmgrund der Zillertaler Alpen in Tirol durchgeführt (Hickel et al. 2016).

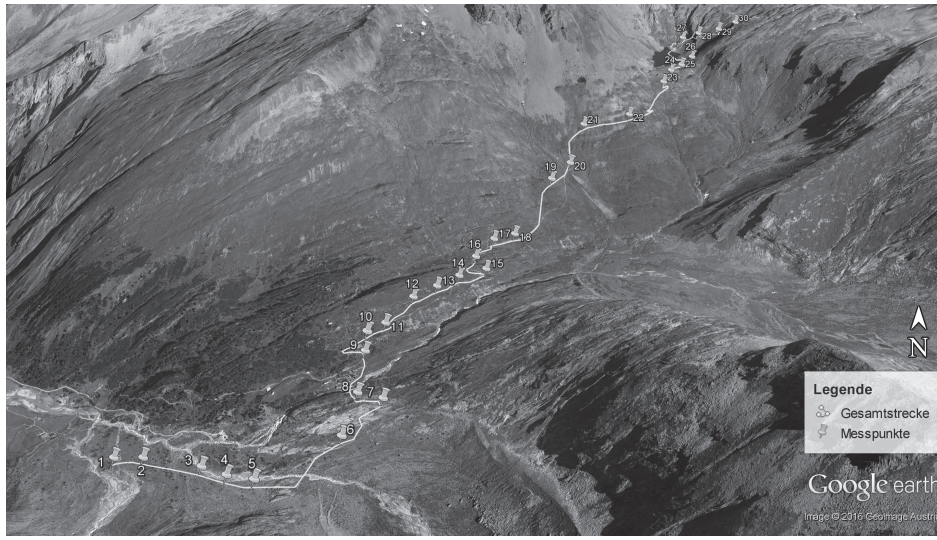

Abb. 1: Untersuchungsgebiet in den Zillertaler Alpen auf der Nordabdachung des Alpenhauptkammes (Zemmgrund, Tirol, Österreich). Der gesamte Begehungsweg zeigt die Messpunkte (1–30) und die dazwischen liegenden 29 Untersuchungsstrecken.

Aus dieser Untersuchung wurden die Rahmenbedingungen für die vorliegende Studie abgeleitet, die mit einer faunistischen Erhebung der Tagfalterarten über einen Gradienten von etwa 700 Höhenmetern im Verlauf der Vegetationsperiode im Sommer 2016 begann. Aus den erhobenen Daten ließen sich in weiterer Folge die zeitlichen (Phänologie) und räumlichen Muster (Ähnlichkeit der Tagfaltergemeinschaften in den untersuchten Habitaten bzw. den unterschiedlichen Höhenlagen) analysieren. Insbesondere sollten die nachgewiesenen Arten der Gattung *Erebia* in den Analysen genauer betrachtet werden.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen wurden im Zemmgrund in den Zillertaler Alpen (Österreich, Tirol) durchgeführt. Die Begehungsstrecke hatte den Ausgangspunkt auf 1904 m Seehöhe (N 47°01‘20,29“, E 11°48‘14,36“) und den Endpunkt oberhalb des Schwarzsees auf 2580 m Seehöhe (N 47°02‘23,83“, E 11°50‘00,06“) (Abb. 1). Die gesamte Strecke war 4,48 km lang und erstreckte sich über eine Höhendifferenz von 676 m (Bezugsystem WGS84). Der überwiegende Teil der Begehungsstrecke ist zugleich ein markierter Weitwanderweg, der als „Berliner Höhenweg“ bezeichnet wird (Klier 2013).

Auf der Begehungsstrecke wurden 30 Messpunkte zufällig festgelegt, die jeweils den Start- und Endpunkt der 29 Untersuchungsstrecken darstellten (Abb. 1). Die geographischen Koordinaten der Messpunkte wurden mittels GPS eingemessen und im Freiland mit Holzstäbchen markiert. Bedingt durch die unterschiedlichen Steigungen im Gelände betrug die Länge einer Strecke zwischen 100 und 250 m bei einer durchschnittlichen Höhendifferenz von rund 25 m.

Erfassung der Tagfalter

Methodisch orientiert sich die Datenerhebung an der Transektbegehung des „Butterfly Monitoring Scheme“ (Pollard & Yates 1993), welches sich in leicht abgewandelter Form (Van Swaay et al. 2008) europaweit zur Erfassung von Tagfaltern etablieren konnte. Die Kriterien für eine standardisierte Erhebung sowie spezielle Bedingungen zu Erhebungen in einzelnen Ländern sind im „Manual for Butterfly Monitoring“ (Van Swaay et al. 2012) erläutert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Methode der Transektbegehung an das alpine Gebiet und an die spezifische Fragestellung angepasst. Unterschiede zum „Butterfly Monitoring Scheme“ bestehen im Wesentlichen im Begehungszeitraum, in der Anzahl der Begehungstage und in der Breite des Erfassungsraumes neben dem Begehungsweg. Van Swaay et al. (2002) empfehlen, alle Tagfalter jeweils 5 m rechts, links und über den Beobachter zu erfassen. Diese Kriterien waren auf Grund der geringen Wegbreite (teilweise weniger als 2 m) sowie angrenzender Felsen, nicht überall anwendbar. Die wesentlichen Parameter der Begehung und die Rahmenbedingungen der Methode sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Wetterbedingungen und Streckenkriterien für die Datenerfassung der Tagfalter im Zemmgrund (Zillertaler Alpen). Abiotische Parameter modifiziert nach Hickel et al. (2016).

Untersuchgszeitraum	27.06–15.08.16
Temperatur	> 15,5 °C
relative Luftfeuchtigkeit	< 62 %
Strahlungsintensität	> 31 klx
Windgeschwindigkeit	< 4 m/s
Länge der Strecke	150–200 m
Höhendifferenz der Strecke	25 m
Gesamtlänger aller Strecken	4,48 km
Breite des Erhebungskorridors	< 5 m
Tageszeit für die Aufnahme	09:00–17:30
Begehugszeit für eine Strecke	12–15min

Die Voruntersuchungen, wie die Festlegung des Begehungsweges, Aufteilung der Transekte, Einarbeitung in Tagfaltervielfalt und Überprüfung der Geräte fanden vom 23. bis 27. Juni 2016 statt, die eigentlichen Datenerhebungen vom 28. Juni bis 15. August 2016. In diesem Zeitraum konnten auf Grund ungeeigneter Wetterverhältnisse nur an 23 Tagen Schmetterlinge erfasst werden. Vom 10. Juli bis zum 17. Juli 2016 konnten bedingt durch Schneefall und Schlechtwetter keine Untersuchungen durchgeführt werden. Die erste Untersuchung nach dem Schneefall fand am 18. Juli 2016 nachmittags nach ausreichender Erwärmung der Umgebung statt.

Rahmenbedingungen für die Kartierung: Vor dem Start jeder Begehung und nach jeweils 100 Höhenmetern wurden die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit sowie die Beleuchtungsstärke in 50 cm Höhe unbeschattet über dem Boden gemessen. Die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit wurden mit einem digitalen Messgerät Type TESTO 625 ermittelt. Die Messung der Beleuchtungsstärke erfolgte mit dem Luxmeter MINILUX. GPS-Daten wurden mit GARMIN GPS-Handgerät Geko 301 (Bezugsystem WGS84) erhoben. Die Windstärke wurde gemäß der Beaufortskala notiert, der Bewölkungsgrad auf einer 6-stufigen Skala geschätzt. Die Messungen dienten zur Kontrolle der Wetterbedingungen, die eine zuverlässige Erfassung der Tagfalter in diesem Gebiet ermöglichen sollten (Hickel et al. 2016).

Bei den Kartierungen wurden alle Schmetterlings-Imagines aus der Überfamilie Papilionoidea (Regier et al. 2013) erfasst. Diese werden im Folgenden unter dem Begriff „Tag-

falter“ zusammengefasst. Die 29 definierten Untersuchungsstrecken wurden regelmäßig im Schrittempo begangen, wobei alle gesichteten Tagfalter protokolliert wurden. Trotz unterschiedlicher Streckenlängen kann von einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse ausgegangen werden, da pro Strecke zwischen 12 und 15 min an Gehzeit benötigt wurde. Um eine randomisierte Beprobung zu garantieren, wurden die Startstrecke, die Startzeit und die Gehrichtung aller Begehungen täglich mittels Zufallszahlen bestimmt.

Die Determinierung der Artzugehörigkeit war im Freiland oft schon bei fliegenden Faltern möglich oder erfolgte nach Kescherfang (und anschließender Freisetzung) unter Verwendung von Tolman & Lewington (1998), Sonderegger (2005), Stettmer et al. (2011) und Ferretti (2015). Zur sicheren Nachbestimmung im Labor mussten vereinzelt Belegexemplare (vor allem der Vertreter der Gattung *Erebia*) entnommen werden. Schmetterlinge aus der Gattung *Pyrgus* sind nur nach Genitaluntersuchung zuverlässig bestimmbar, daher werden diese im Weiteren als *Pyrgus* sp. angeführt. Nicht eindeutig bestimmbare Individuen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Habitatparameter

An jedem der 30 Messpunkte wurden in einem Radius von 3 m alle Gefäßpflanzen erhoben. Die Determination und Nomenklatur der Pflanzen erfolgte nach Fischer et al. (2008). Zudem wurde die erstellte Artenliste mit den Kartierungsdaten von Niklfeld & Schratt-Ehrendorfer (2007) verglichen.

Tab. 2: Hauptkomponenten (PC) und Korrelationen (Werte +/-0,75 sind fettgedruckt) mit den sieben Originalvariablen basierend auf den mittleren Landolt-Zeigerwerten für Temperatur, Licht, Feuchte, Reaktion, Nährstoff und Humus sowie der mittleren Seehöhe zwischen Anfang- und Endpunkt der 29 Untersuchungsstrecken. PC1 deckt 45,9 % der Variation ab, PC2 erklärt weitere 34,7 %.

	PC1 (45,9 %)	PC2 (34,7 %)
Landolt-Temperaturzahl	**0,855**	0,404
Landolt-Lichtzahl	-0,541	**-0,788**
Landolt-Feuchtezahl	-0,327	**0,810**
Landolt-Reaktionszahl	**0,852**	-0,181
Landolt-Nährstoffzahl	0,716	-0,271
Landolt-Humuszahl	-0,013	**0,975**
Seehöhe	**-0,876**	-0,095

Für die einzelnen Pflanzenarten wurden Zeigerwerte nach Landolt et al. (2010) tabellarisch zusammengestellt. Aus den Mittelwerten der Feuchtezahl, Reaktionszahl, Nährstoffzahl, Lichtzahl, Humuszahl und Temperaturzahl des Start- und Endpunktes jeder Untersuchungsstrecke ergab sich ein Näherungswert der vorherrschenden Umweltbedingungen. Die Anzahl der Pflanzenarten für die Beurteilung einer Strecke schwankte zwischen 22 und 52. Mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse (PCA, Principal Component Analysis) konnten die sechs Landolt-Zeigerwerte und die Seehöhe als siebente Variable auf zwei Umweltgradienten reduziert werden, die insgesamt 80,6 % der Gesamtvariation erklären (Tab. 2). Die erste Hauptkomponente erklärt 45,9 % der Variation und kann als Seehöhe-, Temperaturzahl-, Reaktionszahlgradient interpretiert werden. Die zweite (unkorrelierte) Achse repräsentiert die Humuszahl, Lichtzahl sowie Feuchtezahl und erklärt 34,7 % der Variation.

Die erfasste Vegetation wurde den FFH-Lebensräumen zugeordnet und auf die 29 Untersuchungsstrecken extrapoliert (Ssymank et al. 1998, Balzer et al. 2004). In Kombination

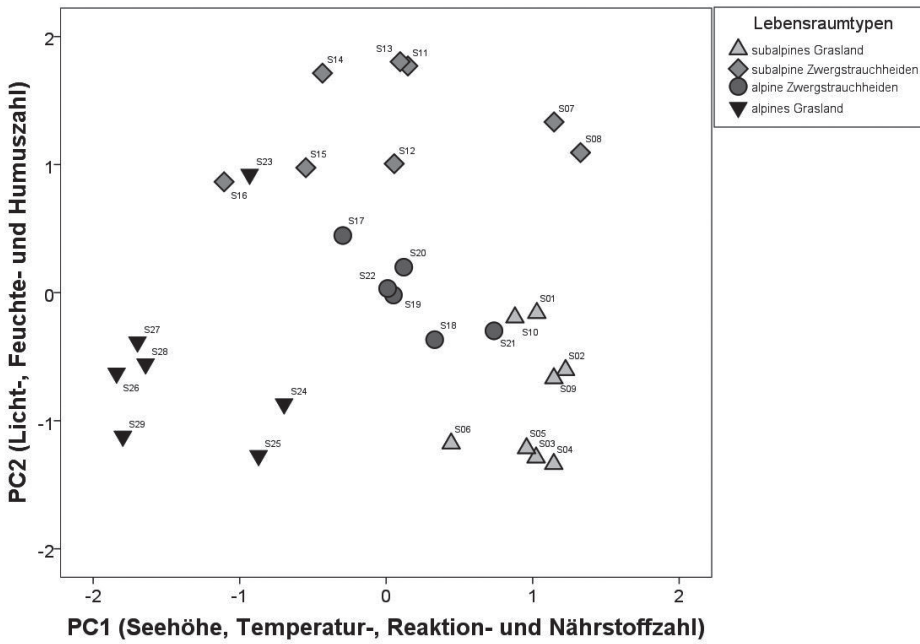

Abb. 2: Ähnlichkeit der 29 Untersuchungsstrecken entlang der beiden Hauptumweltgradienten resultierend aus einer Hauptkomponentenanalyse.

mit der Hauptkomponentenanalyse ermöglichte dies eine Unterteilung des gesamten Untersuchungsweges in vier verschiedene Lebensraumtypen (Abb 2):

Lebensraumtyp 1 (Strecke 1–6, 9–10) kann als „subalpines Grasland" (zwischen 1904–2097 m Seehöhe) bezeichnet werden. Dabei handelt es sich vornehmlich um von *Nardus stricta* dominiertes Grasland auf Silikat-Substraten mit unterschiedlich hohem Anteil von *Pinus mugo* bzw. *Rhododendron hirsutum*-Buschvegetation.

Lebensraumtyp 2 (Strecke 7–8,11–16) wird nachfolgend unter dem Begriff „subalpine Zwergstrauchheiden" zusammengefasst. Diese Strecken liegen größtenteils noch unterhalb der aktuellen Baumgrenze (2143 m Seehöhe) und werden durch Zwergsträucher, wie *Juniperus communis, Calluna vulgaris* und *Vaccinium*-Arten dominiert. *Pinus mugo*- und *Rhododendron hirsutum*-Buschvegetation ist bis zum Ende der Strecke 11 nach oben hin auslaufend. Im weiteren Umkreis der Strecken wurde vereinzelt *Pinus cembra* dokumentiert. Einige der Strecken sind durch Bereiche mit Niedermoorcharakter oder durch permanente Wasserquellen bzw. Tümpel charakterisiert. Die Strecken 11–16 befinden sich auf offenen Flächen ohne nennenswerte Hangneigung (zwischen 2135–2209 m Seehöhe). Die Strecken 7 und 8 liegen hingegen tiefer. Dabei handelt es sich um teils von *Trichophorum cespitosum* dominierte und stark von Feuchtigkeit geprägte, eher offene Flächen mit Niedermoorcharakter.

Lebensraumtyp 3 (Strecke 17–22) wird als „alpine Zwergstrauchheiden" zusammengefasst und liegt zwischen 2209–2417 m Seehöhe. Es handelt sich um mehr oder weniger offene Flächen in der Zwergstrauchheide der alpinen Höhenstufe auf silikatischem Boden.

Neben Borstgras-reichem Offenland ist hier stellenweise auch frisches, teils blütenreiches Grasland zu finden.

Lebensraumtyp 4 (Strecke 23–29) beginnt ab etwa 2417 m Seehöhe und wird als „alpines Grasland" auf Silikatsubstraten bezeichnet. Auf der Strecke 23 findet der Übergang von der alpinen Zwergstrauchheide ins alpine Grasland mit überwiegend *Nardus stricta* (Borstgras) und *Carex sempervirens* (Horstsegge) statt. Es kommen noch vereinzelt Zwergsträucher der Familie Ericaceae vor, die jedoch bis zur Strecke 24 immer stärker an Bedeutung verlieren. In größerer Höhe wird *Carex sempervirens* von *Carex curvula* abgelöst und es beginnt ein Borstgras-reicher Krummseggenrasen. Vereinzelt sind entlang der Strecken Silikatschutthalden der alpinen bis nivalen Stufen vorhanden.

Datenauswertung

Die Datenreduktion der Umweltparameter wurde mittels einer Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) durchgeführt. Für die Extraktion der Hauptkomponenten unter Berücksichtigung des Kaiser-Guttmann-Kriteriums wurde eine rotierte Komponentenmatrix erstellt und als Rotationsmethode wurde Varimax mit Kaiser-Normalisierung verwendet.

Die Ähnlichkeiten der Tagfaltergemeinschaften sind mittels Metrischer Multidimensionaler Skalierung (MDS) unter Verwendung von Präsenz-Absenz-Daten berechnet worden. Als Ähnlichkeitsmaß diente der Lance und Williams-Index (Lance & Williams 1976). Als nicht parametrische Testverfahren wurden der Mann-Whitney U-Test und der Kruskal-Wallis H-Test herangezogen. Als Biodiversitätsmaße wurde neben der Arten- und Indivduenanzahl auch der Dominanzindex (D) berechnet. Aus dem Dominanzindex lassen sich nach Engelmann (1978) Dominanzklassen zuweisen: D > 32%: eudominant, 10–31,9 %: dominant, 3,2–9,9 %: subdominant, 1,0–3,1 %: rezedent, 0,32–0,99 %: subrezedent, < 0,32 %: sporadisch. Für die Präferenz eines Lebensraumtyps einer Art wurden mehr als fünf Beobachtungen und mehr als 50 % Sichtungen in einem Lebensraumtyp gewertet (Neumayer et al. 2005). Zusätzlich wurde eine Indikatorarten-Analyse (MjM Software Design, PC-ORD 5.31) nach Dufrêne & Legendre (1997) durchgeführt. Dieses Verfahren bietet eine einfache Lösung für die Bewertung von Arten, die mit Gruppen von Stichprobeneinheiten assoziiert sind. Es verbindet Informationen über die Konzentration der Artenvielfalt in einer bestimmten Gruppe und die Stetigkeit des Auftretens einer Spezies in einer bestimmten Gruppe. Kombiniert fließen die relative Abundanz und die relative Frequenz für die jeweiligen Tagfalterarten in einem Lebensraumtyp in die Berechnung mit ein. Es erzeugt Indikatorwerte für jede Art in jeder Gruppe. Diese werden mit einer Monte-Carlo-Technik auf statistische Signifikanz ($p < 0{,}05$) geprüft. Die statistische Auswertung erfolgte vor allem mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 24.0 für Windows®.

Ergebnisse

Faunistik

Im Erhebungszeitraum von 28. Juni bis 15. August 2016 wurden 884 Untersuchungsstrecken begangen. Dabei wurden 1356 Tagfalter-Individuen gesichtet, wovon 1240 auf Artniveau bestimmt werden konnten (Tab. 3). 35 Arten aus fünf Familien der Papiliono-

idea wurden registriert. Mit 276 Sichtungen war *Coenonympha gardetta* (Nymphalidae) die häufigste Art, gefolgt von *Erebia pandrose* und *Erebia medusa* aus der Gattung *Erebia* (Nymphalidae) und *Cyaniris semiargus* (Lycaenidae) mit 87 gesichteten Individuen (Tab. 3). Fünf Arten gelten nach Ettschenberger et al. (1991) als Wanderfalter. *Aglais urticae, Colias croceus* und *Gonepteryx rhamni* sind Binnenwanderer, *Vanessa atalanta* und *Vanessa cardui* Saisonwanderer erster Ordnung.

Tab. 3: Anzahl adulter Tagfalterindividuen im Beobachtungszeitraum vom 28.06. bis 15.08.2016 auf den 29 Untersuchungsstrecken (Zemmgrund, Zillertaler Alpen, N 47°01'20,29", E 11°48'14,36" bis N 47°02'23,83", E 11°50'00,06", Bezugsystem WGS84, von 1906 bis 2580 m Seehöhe). Nomenklatur und Nummerierung (Nr) nach Huemer (2013), Abkürzungen nach Neumayer et al. (2005).

Arten	Abkürzung	Individuen	Nr
Papilionidae			2981
Parnassius phoebus (Fabricius, 1793)	*Par pho*	23	2985
Hesperiidae			2994
Pyrgus sp.		4	3005
*Carterocephalus palaemon (*Pallas, 1971)	*Car pal*	3	3022
Pieridae			3032
Anthocharis cardamines (Linnaeus, 1758)	*Ant car*	1	3040
Pieris sp.		58	3043
Pieris rapae (Linnaeus, 1758)	*Pie rap*	19	3046
Pieris bryoniae (Hübner, 1806)	*Pie bry*	30	3049
Pontia callidice (Hübner, 1800)	*Pon cal*	1	3052
Colias sp.		4	3054
Colias phicomone (Esper, 1780)	*Col phi*	35	3055
Colias palaeno (Linnaeus, 1761)	*Col pal*	32	3056
Colias croceus (Fourcroy, 1785)	*Col cro*	1	3058
Gonepteryx rhamni (Linnaeus, 1758)	*Gon rha*	4	3064
Nymphalidae			3065
Lasiommata petropolitana (Fabricius, 1787)	*Las pet*	2	3074
Coenonympha gardetta (de Prunner, 1798)	*Coe gar*	276	3083
Erebia sp.		16	3092
Erebia euryale (Esper, 1805)	*Ere eur*	25	3094
Erebia eriphyle (Freyer, 1836)	*Ere eri*	9	3095
Erebia manto (Denis & Schiffermüller, 1775)	*Ere man*	7	3096
Erebia pharte (Hübner, 1804)	*Ere pha*	71	3100
Erebia melampus (Fuessly, 1775)	*Ere mel*	28	3101
Erebia medusa (Denis & Schiffermüller, 1775)	*Ere med*	116	3105
Erebia pandrose (Borkhausen, 1788)	*Ere pan*	197	3120

Arten	Abkürzung	Individuen	Nr
Boloria sp.		30	3149
Boloria euphrosyne (Linnaeus, 1758)	*Bol eup*	40	3151
Boloria selene (Denis & Schiffermüller, 1775)	*Bol sel*	11	3153
Boloria pales (Denis & Schiffermüller,1775)	*Bol pal*	17	3156
Vanessa atalanta (Linnaeus, 1758)	*Van ata*	6	3180
Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)	*Van car*	59	3181
Aglais urticae (Linnaeus, 1758)	*Agl urt*	73	3184
Euphydryas cynthia (Denis & Schiffermüller, 1775)	*Eup cyn*	1	3193
Euphydryas intermedia (Menetries, 1859)	*Eup int*	6	3194
Lycaenidae			3212
Lycaena tityrus (Poda, 1761)	*Lyc tit*	1	3219
Callophrys rubi (Linnaeus, 1758)	*Cal rub*	7	3235
Cupido sp.		4	3241
Cupido minimus (Fuessly, 1775)	*Cup min*	9	3242
Maculinea arion (Linnaeus, 1758)	*Mac ari*	10	3257
Agriades orbitulus (de Prunner, 1798)	*Agr orb*	11	3275
Agriades optilete (Knoch, 1781)	*Agr opt*	12	3277
Cyaniris semiargus (Rottemburg, 1775)	*Cya sem*	87	3279
Eumedonia eumedon (Esper, 1780)	*Eum eum*	10	3281
Summe aller protokollierten Individuen		1356	
Summe aller determinierten Individuen		1240	

Phänologie

Das zeitliche Auftreten aller Tagfalter wurde mit den absoluten Häufigkeiten nach Kalenderwochen zusammengefasst (Abb. 3, Tab. 4). Die höchsten Abundanzen lagen in der 27. Kalenderwoche. In Kalenderwoche 28 gab es auf Grund eines Schlechtwettereinbruchs mit Schneefall eine Unterbrechung von neun Tagen. Die Untersuchung wurde am 18.07.2016 erst am frühen Nachmittag fortgesetzt und fand nur zwischen 1900 und 2283 m Seehöhe statt. Insgesamt nahm die Anzahl der Sichtungen nach dem 10.07.2016 ab. Vergleicht man die Zahl der beobachteten Tagfalter in der 27. und in der 29. Kalenderwoche, so lag die Differenz bei 78 Individuen.

Betrachtet man die einzelnen Arten nach ihrem ersten Erscheinen und der Anzahl der Sichtungen (Tab. 4), dann hat in der 26. Kalenderwoche *Erebia pandrose* die höchste Abundanz mit 97 Nachweisen, gefolgt von *Aglais urticae* mit 16 Sichtungen. Auf diese Weise ist die Reihung der ersten Gruppe mit 16 Arten festgelegt. In der 27. Woche werden nur neu hinzugekommene Arten wie *Cyaniris semiargus* gereiht und darunter angeordnet (Tab. 4). Diese Abfolge bleibt ebenfalls gleich und in der 29. Woche werden wieder nur

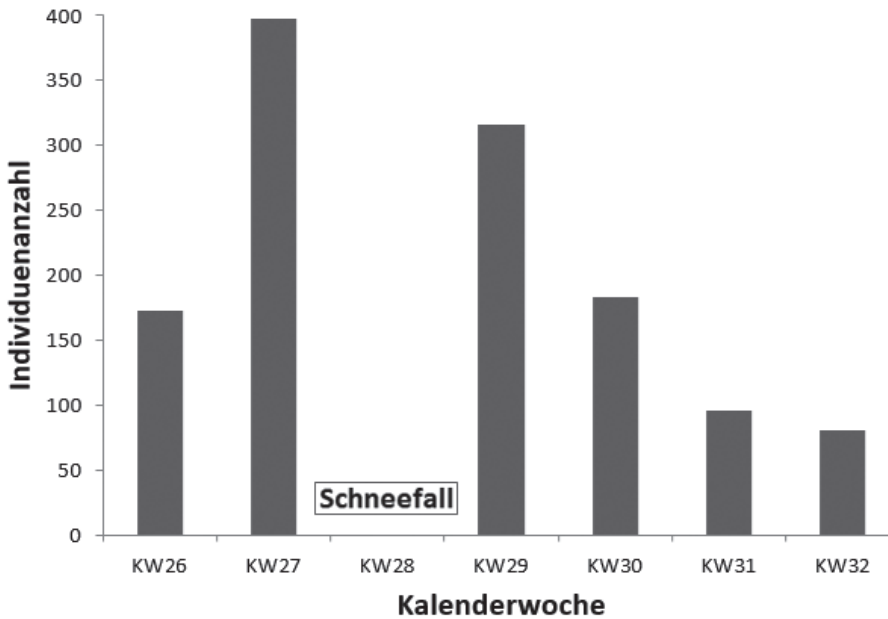

Abb. 3: Summe aller Individuen im Verlauf der Untersuchungsperiode 2016; KW = Kalenderwoche.

die Häufigkeiten der Sichtungen der neuen Arten, wie beispielsweise *Parnassius phoebus*, hinzugefügt.

In der letzten Juni-Woche und den ersten drei Juli-Tagen ist eine Gruppe "früher Falter", bestehend aus 16 Arten, erkennbar (Tab. 4). Bei sieben Arten dieser Gruppe erstreckte sich die Flugzeit bis Mitte August. Gegen Ende der ersten Juli-Woche kam eine zweite Gruppe mit 14 Tagfalterarten hinzu. Diese Woche zeigte die höchste Tagfalterabundanz innerhalb der gesamten Untersuchungszeit. In derselben Woche erreichten auch *Aglais urticae, Vanessa cardui* und *Boloria euphrosyne* ihre höchste Zahl. Die Hauptflugzeit der Falter aus der 27. Kalenderwoche reichte für ein Drittel der Arten bis Mitte August. In der Kalenderwoche 29 war die Individuenanzahl auch nach dem Schneefall noch relativ hoch. Jedoch konnten *Callophrys rubi, Lasiommata petropolitana, Euphydryas cynthia und E. intermedia,* in der Kalenderwoche 27 nicht mehr beobachtet werden. Dagegen kamen vier weitere Arten hinzu, wobei *Parnassius phoebus* (Alpenapollo) ausschließlich in den letzten vier Kalenderwochen dokumentiert werden konnte. Da der Alpenapollo erstmals am 18.07.2016 gesichtet wurde, wird er noch der zweiten Gruppe zugeordnet. Somit stellt die Gruppe 3 mit vier *Erebia*-Arten die Gruppe der „spät fliegenden Falter" dar, die vor allem ab der Kalenderwoche 30 registriert wurden.

Der Dominanzindex wurde bei allen Tagfalterarten pro Kalenderwoche berechnet: Die wochenweise Betrachtung der Dominanzwerte wird im Folgenden nur für die Vertreter der Gattung *Erebia* vorgenommen (siehe Kapitel „Phänologie und räumliche Verbreitung von *Erebia*).

Tab. 4: Phänologie der gesichteten Tagfalter (von 27.06-15.08.2016) auf allen Untersuchungsstrecken (1904–2580 m Seehöhe, Zillertaler Alpen). Die Reihung der Arten orientiert sich am Zeitpunkt und an der Häufigkeit der registrierten Sichtungen. Der Höchstwert einer Art ist in fetter Schrift hervorgehoben, Dominanzwert nach Engelmann (1978). KW = Kalenderwoche.

Arten	KW 26	KW 27	KW 28	KW 29	KW 30	KW 31	KW 32	Flugzeit in Wochen	Dominanz-Index [%]
Ere pan	**97**	85	Schneefall	14	1			4	15,8
Agl urt	16	**30**	Schneefall	21	3		3	5	5,8
Van car	13	**33**	Schneefall	3	7		3	5	4,7
Bol eup	13	**14**	Schneefall	4	3	5	1	6	3,2
Pie bry	7	9	Schneefall	**13**		1		4	2,4
Ere med	6	**67**	Schneefall	35	7		1	5	9,3
Cal rub	**4**	3	Schneefall					2	0,6
Gon rha	**4**		Schneefall					1	0,3
Col pal	3	4	Schneefall	**17**	3	2	3	6	2,6
Eup int	2	**4**	Schneefall					2	0,5
Coe gar	1	83	Schneefall	**94**	50	26	22	6	22,1
Pie rap	1	2	Schneefall	4	5	1	**6**	6	1,5
Car pal	1		Schneefall	2				2	0,2
Ant car	1		Schneefall					1	0,1
Pon cal	1		Schneefall					1	0,1
Cya sem		17	Schneefall	**33**	26	9	2	5	7,0
Mac ari		7	Schneefall	3				2	0,8
Ere pha		5	Schneefall	**37**	22	6	1	5	5,7
Bol pal		5	Schneefall	2	**9**	1		4	1,4
Cup min		**5**	Schneefall	1	2		1	4	0,7
Col phi		4	Schneefall	6	**12**	7	6	5	2,8
Van ata		4	Schneefall	1		1		3	0,5
Eum eum		3	Schneefall	**7**				2	0,8
Agr opt		3	Schneefall	**6**	3			3	1,0
Bol sel		2	Schneefall	**6**	2		1	4	0,9
Agr orb		2	Schneefall	1	**6**		2	4	0,9
Las pet		2	Schneefall					1	0,2
Col cro		1	Schneefall					1	0,1
Eup cyn		1	Schneefall					1	0,1
Par pho			Schneefall	5	3	6	**9**	4	1,8
Lyc tit			Schneefall	1				1	0,1
Ere mel			Schneefall		9	**15**	4	3	2,2

Arten	KW 26	KW 27	KW 28	KW 29	KW 30	KW 31	KW 32	Flugzeit in Wochen	Dominanz-Index [%]
Ere eri			Schneefall		**5**	4		2	0,7
Ere eur			Schneefall		4	6	**15**	3	2,0
Ere man			Schneefall		1	5	1	3	0,6
∑ Individuen/KW	170	395		316	183	95	81		
Artenzahl	15	25		23	21	15	17		

Zönologie und Indikatorarten

Sowohl die Artenzahlen ($p < 0{,}0001$; $r = -0{,}759$) als auch die Individuenzahlen ($p < 0{,}001$; $r = -0{,}596$) korrelieren erwartungsgemäß signifikant negativ mit der Seehöhe.

Die untersuchten Tagfaltergemeinschaften können zwei Gruppen von Lebensräumen zugeordnet werden, der von Zwergsträuchern und Buschvegetation geprägten in der subalpinen und unteralpinen Höhenstufe (Lebensraumtyp 1, 2 und 3, Strecken 1–22) und jener des alpinen Graslandes (Strecke 23–29, Abb. 4). Innerhalb der ersten Gruppe zeigt sich eine Ähnlichkeit in der Zusammensetzung der Tagfaltergemeinschaften auf den Strecken 7, 14, 15 und 16, welche dem Lebensraumtyp 2 (subalpine Zwergstrauchheiden) entsprechen und einen deutlichen Niedermoorcharakter aufweisen. Die Strecke 23 zeigt den Übergang zwischen den beiden Großgruppen und liegt in der Grafik auch zwischen den Strecken 21/22 und 24.

Mittels Indikatorarten-Analyse konnte statistisch belegt werden, dass die Verteilung der Arten in den vier Lebensraumtypen nicht zufällig war (Tab. 5). Insbesondere im Lebensraumtyp 1 hatten zehn Arten ihren Vorkommensschwerpunkt, darunter auch vier Vertreter der Gattung *Erebia* (*E. medusa, E. pharte, E. melampus, E. euryale*). Im Lebensraumtyp 3 ist einzig *Erebia pandrose* als Indikatorart zu nennen, wohingegen im Lebensraumtyp 2 und 4 überhaupt keine Indikatorart nachgewiesen werden konnte.

Tab. 5: Relative Häufigkeiten der Tagfalterarten in den vier Lebensraumtypen (siehe Abb. 2). Häufigkeiten über 50 % sind in fetter Schrift hervorgehoben, und im Falle einer signifikanten Verteilung und eines hohen Indikatorwerts (in %) zusätzlich unterstrichen. Die Anordnung entspricht ungefähr dem zeitlichen Auftreten der Arten (siehe Tab. 4).

Arten	LR1	LR2	LR3	LR4	Dominanz-Index in %	Indikator Wert	Signifikanz	Individuen
Ere pan	14,7	12,7	**52,3**	20,3	15,8	**57,9**	***0,001**	197
Agl urt	20,5	17,8	28,8	32,9	5,8	33,6	0,223	73
Van car	13,6	39,0	37,3	10,2	4,7	**43,7**	***0,034**	59
Bol eup	**52,5**	27,5	20,0	0,0	3,2	**49,2**	***0,013**	40
Pie bry	46,7	13,3	36,7	3,3	2,4	36,2	0,089	30
Ere med	**51,7**	9,5	36,2	2,6	9,3	**46**	***0,03**	116
Cal rub	0,0	0,0	**57,1**	42,9	0,6	2,3	0,291	7
Gon rha	25,0	75,0	0,0	0,0	0,3	18,7	0,286	4

Arten	LR1	LR2	LR3	LR4	Dominanz-Index in %	Indikator Wert	Signifikanz	Individuen
Col pal	34,4	25,0	40,6	0,0	2,6	23,9	0,571	32
Eup int	50,0	50,0	0,0	0,0	0,5	18,7	0,291	6
Coe gar	**67,4**	12,0	17,8	2,9	22,1	**63,4**	***0,001**	276
Pie rap	**78,9**	15,8	5,3	0,0	1,5	**58,2**	***0,003**	19
Car pal	0,0	100,0	0,0	0,0	0,2	**37,5**	*0,043	3
Ant car	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,195	1
Pon cal	100,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1
Cya sem	**78,2**	10,3	11,5	0,0	7,0	**75,3**	***0,001**	87
Mac ari	**90,0**	10,0	0,0	0,0	0,8	**56,2**	***0,003**	10
Ere pha	**78,9**	12,7	8,5	0,0	5,7	**67,1**	***0,001**	71
Bol pal	**82,4**	0,0	11,8	5,9	1,4	**39,3**	***0,043**	17
Cup min	33,3	22,2	44,4	0,0	0,7	17,2	0,474	9
Col phi	34,3	11,4	45,7	8,6	2,8	43,6	0,079	35
Van ata	16,7	16,7	50,0	16,7	0,5	18,7	0,336	6
Eum eum	20,0	**70,0**	10,0	0,0	0,8	25,4	0,158	10
Agr opt	0,0	**58,3**	41,7	0,0	1,0	25,6	0,182	12
Bol sel	**72,7**	18,2	9,1	0,0	0,9	35,3	0,063	11
Agr orb	45,5	0,0	45,5	9,1	0,9	34,7	0,067	11
Las pet	0,0	0,0	100,0	0,0	0,2	**33,3**	***0,028**	2
Col cro	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,204	1
Eup cyn	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,204	1
Par pho	39,1	0,0	30,4	30,4	1,8	25,6	0,339	23
Lyc tit	0,0	100,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1
Ere mel	**92,9**	3,6	3,6	0,0	2,2	**8,3**	**0,001**	28
Ere eri	11,1	44,4	44,4	0,0	0,7	17,2	0,405	9
Ere eur	**92,0**	4,0	4,0	0,0	2,0	**68,1**	**0,001**	25
Ere man	***57,1***	42,9	0,0	0,0	0,6	28,6	0,097	7

Phänologie und räumliche Verbreitung von *Erebia*

Erebia pandrose erschien zeitlich als erste *Erebia*-Art (Tab. 6) im Untersuchungsgebiet mit einem Verbreitungsschwerpunkt in höheren Lagen im Lebensraumtyp „alpine Zwergstrauchheiden“ (Tab. 7). Innerhalb der Gattung *Erebia* war *E. pandrose* im gesamten Untersuchungszeitraum mit 15,77 % die dominante Art (Tab. 6). Im Vergleich mit den anderen Arten war *E. pandrose* mit 56,4 % in der 26. Kalenderwoche überdies die einzige eudominante Art (Tab. 6). In der 27. Kalenderwoche trat sie dominant auf, in der 29. Woche (nach dem Schneefall) subdominant, wurde aber nach der 31. Woche nicht mehr registriert.

Tab. 6: Relative Häufigkeit (Dominanz, in %) der gesichteten Arten der Gattung *Erebia* in den sieben Kalenderwochen. Die Prozentzahl bezieht sich auf die Gesamtanzahl der Individuen pro Kalenderwoche. Dominanzklassen nach Engelmann (1978): Dominanz > 32%: eudominant; 10–31,9%: dominant; 3,2–9,9%: subdominant; 1,0–3,1%: rezedent; 0,32–0,99%: subrezedent; < 0,32%: sporadisch. Dominanz- und Eudominanz-Werte sind in fetter Schrift hervorgehoben.

***Erebia*-Arten**	**KW 26**	**KW 27**	**KW 28**	**KW 29**	**KW 30**	**KW 31**	**KW 32**	**Ges. Untersuchungsperiode**
Erebia pandrose	**56,4**	21,4	Schneefall	4,4	0,5			15,77
Erebia medusa	3,5	**16,9**	Schneefall	11,0	3,8		1,2	9,29
Erebia pharte		1,3	Schneefall	11,6	**12,0**	6,2	1,2	5,68
Erebia eryphyle			Schneefall		2,7	4,1	0,0	0,72
Erebia melampus			Schneefall		4,9	**15,5**	4,9	2,24
Erebia manto			Schneefall		0,5	5,2	1,2	2,00
Erebia euryale			Schneefall		2,2	6,2	**18,5**	0,56
Artenanzahl gesamt	16	26		25	21	17	17	

Tab. 7: Relative Häufigkeit (Dominanz, in %) der gesichteten Arten der Gattung *Erebia* in den vier Lebensraumtypen. LR1 = subalpines Grasland, LR2 = subalpine Zwergstrauchheiden, LR3 = alpine Zwergstrauchheiden, LR4 = alpines Grasland. Dominanzen über 50 % sind in fetter Schrift hervorgehoben und bei signifikanten Unterschieden in der Verteilung sowie hohem Indikatorwert zusätzlich unterstrichen.

***Erebia*-Arten**	**LR1**	**LR2**	**LR3**	**LR4**	**Indikator Wert in %**	***p*-Wert**
Erebia pandrose	14,72	12,69	**52,28**	20,30	57,90	**0,001**
Erebia medusa	**51,72**	9,48	36,21	2,59	46,00	**0,03**
Erebia pharte	**78,87**	12,68	8,45	0,00	67,10	**0,001**
Erebia eriphyle	11,11	44,44	44,44	0,00	17,20	0,405
Erebia melampus	**92,86**	3,57	3,57	0,00	80,30	**0,001**
Erebia manto	57,14	42,86	0,00	0,00	28,60	0,097
Erebia euryale	**92,00**	4,00	4,00	0,00	**68,10**	**0,001**

In Kalenderwoche 27 erreichten die Individuenzahlen von *Erebia medusa* den höchsten Wert, während die Sichtungen von *E. pandrose* bereits sanken. *E. medusa* hatte ihre Verbreitung sowohl in höheren als auch in den tieferen Lagen. *E. medusa* war in der 27. und 29. Kalenderwoche dominant, während *Erebia pharte* in den Kalenderwochen 29 und 30 dominierte. Im Vergleich zu *E. pandrose* und *E. medusa* hatte *E. pharte* ihre Hauptverbreitung in den tieferen Lagen.

Gegen Ende der Untersuchung kamen innerhalb eines Tages vier weitere *Erebia*-Arten hinzu. *Erebia melampus* und *E. euryale* bildeten dominante Arten in der 31. bzw. 32. Kalenderwoche (Tab. 6). *E. eriphyle* und *E. manto* traten in der 31. Kalenderwoche als subdominante Arten auf (Tab. 6). *E. melampus* und *E. euryale* hatten mit 28 bzw. 25 Sichtungen ihren Verbreitungsschwerpunkt im subalpinen Grasland und wiesen für diesen Lebensraumtyp einen hohen Indikatorwert auf (Tab. 7). *Erebia eriphyle* wurde vermehrt zwischen subalpinen und alpinen Zwergstrauchheiden gesichtet. Hingegen wurde *E. manto* mit insgesamt 7 Sichtungen im subalpinen Grasland und subalpinen Zwergstrauchheiden registriert.

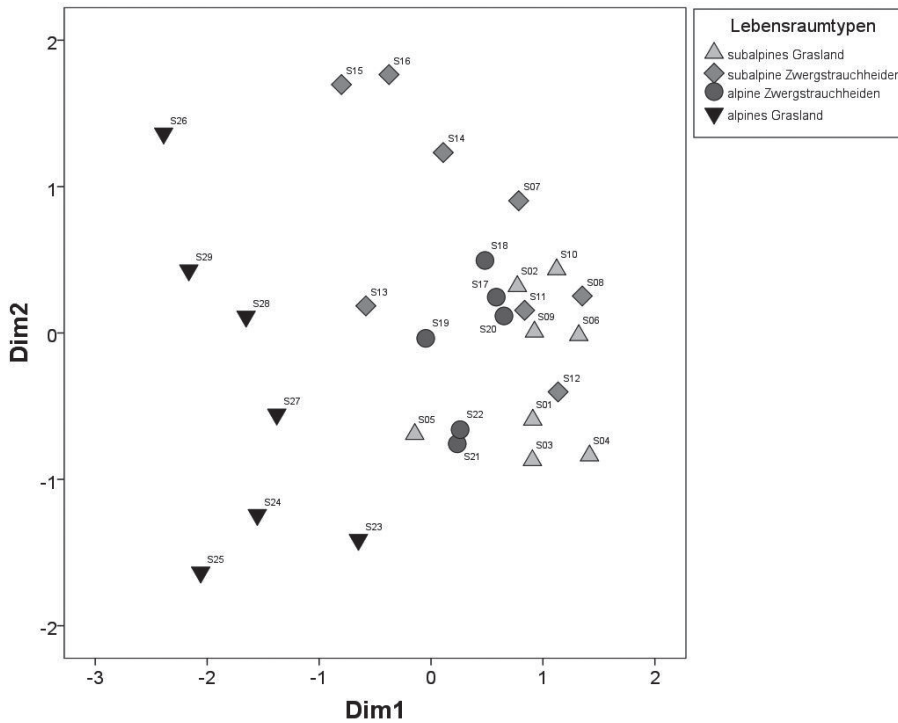

Abb. 4: Ähnlichkeit der Tagfaltergemeinschaften auf den 29 Untersuchungsstrecken basierend auf einer Multidimensionalen Skalierung (MDS) unter Verwendung von Präsenz-Absenz-Daten und des Lance & Williams-Indexes als Ähnlichkeitsmaß (Stress = 0,21 ; R2 = 0,80). Die Strecken wurden zusätzlich den vier Lebensraumtypen zugeordnet.

Diskussion

Faunistik

Insgesamt wurden 35 Tagfalterarten über einem Höhengradienten von fast 700 m registriert. In Österreich sind von 215 bekannt gewordenen Tagfalterarten 43 bis 46 Arten alpin verbreitet (Settele et al. 2005, Stettmer et al. 2011). Dies entspricht in etwa den alpinen Artenzahlen aus dem Biodiversitätsmonitoring der Schweiz mit 39 Arten pro km^2 (Altermatt et al. 2008) oder den Arbeiten in Österreich von Neumayer et al. (2005) mit 38 Arten (21 davon mit dieser Untersuchung übereinstimmend) und Schnepf (2010) mit 41 Arten. Das lässt den Schluss zu, dass die Mehrzahl der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten tatsächlich erfasst werden konnte. Die vertikale Abnahme in den Arten- und Individuenzahlen, wie sie auch in anderen Studien belegt ist (Embacher 1996, Huemer & Pennerstorfer 2004, Embacher et al. 2011), konnte ebenfalls bestätigt werden. Schließt man die Wanderfalter aus, so wurden im Untersuchungsgebiet 73 % der in Österreich vorkommenden Tagfalter mit einem Verbreitungsschwerpunkt über 2000 m Seehöhe erfasst. Von den 35 dokumentierten Arten gelten in Österreich zwei als gefährdet (Kategorie "Vulnerable"): *Colias palaeno* und *Agriades optilete* (Höttinger & Pennerstorfer 2005). Zwei *Pyrgus*-Arten konnten ohne Genitaluntersuchung nicht

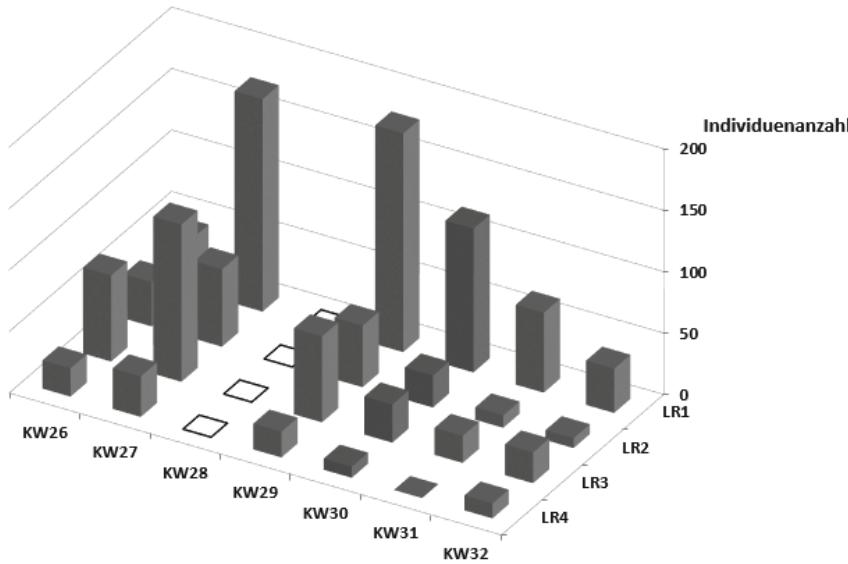

Abb. 5: Anzahl der gesichteten Tagfalterindividuen in den vier Lebensraumtypen (LR) und den sieben Kalenderwochen (KW). LR1 = subalpines Grasland, LR2 = subalpine Zwergstrauchheiden, LR3 = alpine Zwergstrauchheiden, LR4 = alpines Grasland.

eindeutig zugeordnet werden. Wahrscheinlich handelte es sich um *Pyrgus serratulae* und *Pyrgus alveus.* Da auch diese beiden Arten als gefährdet eingestuft sind (Höttinger & Pennerstorfer 2005) und nur vier Individuen gesichtet wurden, wurden keine Belegexemplare entnommen. Vor allem auch um die Ergebnisse der Studie nicht zu verfälschen. Als ebenfalls schwierig kann sich die Bestimmung von *Boloria*-Arten erweisen. Die 17 Einzelfänge im Freiland waren allerdings eindeutig *Boloria pales* zuzuordnen.

Sechs Arten (*Parnassius phoebus, Pontia callidice, Eumedonia eumedon, Agriades orbitulus, Erebia eriphyle, Erebia medusa*) befinden sich in Österreich auf der Vorwarnliste (Höttinger & Pennerstorfer 2005). In Deutschland ist die Hälfte dieser Arten gefährdet, eine Art vom Aussterben bedroht (*Parnassius phoebus*) und zwei (*Colias palaeno, Boloria pales*) gehören zu den seltenen Arten oder Arten mit geografischen Restriktionen (Bolz & Geyer 2003). Zum Vergleich gehören derzeit 19 von 39 registrierten Arten in Deutschland, vor allem aus der Familie der Nymphalidae, zu den Kategorien extrem selten und stark gefährdet (Voith et al. 2016). Dieser Zahlenvergleich soll den eingangs erwähnten hohen Wert der Gebirge als Lebensräume für Tagfalter verdeutlichen.

Phänologie

Leider war es nicht möglich, für alle Arten ein vollständiges Phänogramm zu erstellen (Tab. 4). Möglicherweise fehlen in der Aufstellung die ersten Sichtungen von *Erebia pandrose* und die letzten von *Coenonympha gardetta* und *Erebia euryale. Erebia pandrose* gehört zu den früh fliegenden Faltern, da die Art im letzten Larvalstadium überwintert (Sonderegger 2005) und bereits im Juni oberhalb von 1800 m imaginal auftritt. In

der Schweiz wurde die Art ab Ende Juni bzw. Anfang Juli zwischen 2100 m und 2500 m Seehöhe registriert (Sonderegger 2005), weshalb sie auch im Zillertal nicht viel früher zu erwarten war. Nach Angaben des Hüttenwirts Rupert Bürgler (mündl. Mitt.) gab es in der Umgebung der Berliner Hütte (2049 m Seehöhe) bis Ende Mai 2016 eine geschlossene Schneedecke, die Anfang Juni rasch abschmolz. Bei der Voruntersuchung am 25.06.2016 lag noch Schnee in den Mulden (z. B. in den niedermoorigen Strecken zwischen 2150 m und 2167 m), ab einer Seehöhe von 2405 m war der Untersuchungsweg verschneit. Folglich betrifft eine möglicherweise unvollständige phänologische Erfassung jene Falter, die im Juni unterhalb von etwa 2000 m Seehöhe hätten fliegen können. Es kann vermutet werden, dass keine früh fliegenden Falter in höheren Lagen „verpasst" wurden. Der Schneefall in der 28. Kalenderwoche war nicht ausschlaggebend für ein Verschwinden der häufigen Arten, wie *Erebia pandrose, E. medusa, Coenonympha gardetta* oder auch *Cyaniris semiargus*. Die meisten Arten konnten auch noch in der 29. Kalenderwoche in allen Lebensräumen registriert werden, allerdings mit deutlich geringerer Abundanz (Abb. 5). Bei vielen Individuen konnte ausgeschlossen werden, dass es sich um neu geschlüpfte Individuen handelte, da ihr Erscheinungsbild auf ältere Falter hindeutete (verschwommene Flügelzeichnung, erblasste Farben, auffällig zerrissene oder zerfranste Flügelenden). Somit kann davon ausgegangen werden, dass viele Individuen die Schlechtwetterperiode überdauert haben. Auffallend ist jedoch ein Verschwinden von Arten, die in der 27. Kalenderwoche in geringer Zahl gesichtet wurden. Am 30.07.2016 kamen zeitgleich vier weitere *Erebia*-Arten hinzu. Es ist vorstellbar, dass sich durch den Schneefall das zeitliche Auftreten dieser vier Arten um eine Woche verschoben hat und die Flugperiode insgesamt um eine Woche hinausgezögert bzw. synchronisiert wurde.

Betrachtet man die Individuenzahlen von *Vanessa cardui* im Untersuchungsgebiet (Tab. 4), so könnte es sich um zwei Generationen handeln, da sich die beobachtete Flugrichtung ab der 30. Kalenderwoche umkehrte. Die Individuen der Frühjahrsgeneration von *Vanessa cardui* flogen ausschließlich nach Nordosten und ab der 31. Kalenderwoche ausnahmslos in südwestliche Richtung. Diese Beobachtung der Frühlingsmigration (März bis Juni) und Sommer/Herbstmigration (Juli/November) ist nicht neu (Williams 1951, Shields 1992) und stimmt mit aktuellen Studien zum Wanderverhalten von *Vanessa cardui* überein (Stefanescu et al. 2013, Talavera & Vila 2016).

Im Vergleich mit der Studie von Neumayer et al. (2005) sind Unterschiede in der Flugzeitperiode der Arten feststellbar. Der größte Unterschied liegt im späteren Auftreten der drei beschriebenen Gruppen im Jahr 1997 in Salzburg im Vergleich zu den Tagfalter-Erhebungen im Jahr 2016 im Zillertal. In der ersten Gruppe der Studie von Neumayer et al. (2005) wurden „früh fliegende" Arten wie *Erebia pandrose, Oeneis glacialis* oder *Melitaea asteria* in den ersten zwei Juliwochen vermerkt, bei der zweiten Gruppe lag die Hauptflugzeit zwischen Ende Juli und dem 20. August. Dazu gehörten beispielsweise *Coenonympha gardetta, Agriades orbitulus* und *Colias palaeno,* die Neumayer et al. (2005) der „mittelspäten" Gruppe zuteilten. Der Unterschied im zeitlichen Auftreten der Tagfalter aus der Datenerhebung im Zillertal zeigt, dass alle Falter deutlich früher gesichtet wurden. So wurden die „früh fliegenden" als auch die „mittelspäten" Arten im Gegensatz zur Studie von Neumayer et al. (2005) bereits in der ersten Juli-Woche erfasst. Auch Vertreter der

letzten Gruppe der erwähnten Studie, mit den „spät fliegenden" Faltern wie *Boloria pales*, *Pieris rapae,* einschließlich der Wanderfalter *Vanessa atalanta* und *Vanessa cardui*, wurden mehrheitlich erst nach dem 20.08.1997 registriert, traten hingegen im Zillertal schon vor dem 10.07.2016 auf. Neumayer et al. (2005) gehen in ihrer Studie auf die im Jahr der Untersuchung verspätete Flugzeitperiode der Falter ein und geben als möglichen Grund die ungünstigen Wetterverhältnisse des Frühlings 1997 in Salzburg an.

In der Studie von Hickel et al. (2016), die im selben Gebiet im Zillertal durchgeführt wurde, konnten auch *Erebia epiphron* und *E. nivalis* (beides Arten mit einer zweijährigen Raupenentwicklung) nachwiesen werden. *Erebia pronoe*, mit einjähriger Raupenentwicklung, wurde im Jahre 2007 ebenfalls im Gebiet verzeichnet. Möglicherweise wurde diese Art im Sommer 2016 nicht registriert, da *Erebia pronoe* eine späte Hauptflugzeit besitzt und diese Art zum Beispiel im Kanton Tessin erst in der zweiten Augusthälfte fliegt (Sonderegger 2005). So ist durchaus bekannt, dass in einem Sommer mit längeren Schlechtwetterperioden noch Sichtungen im September möglich sind, falls dann günstiges Wetter herrscht (Morier-Genoud 1991). Deshalb kann vermutet werden, dass diese Art erst gegen Ende August im Zillertal erscheint und somit im Untersuchungszeitraum verpasst wurde. Bei eigenen Beobachtungen im Jahr 2015 konnten auch noch *Oeneis glacialis* und *Erebia nivalis* (mit jeweils zweijähriger Raupenentwicklung) im Untersuchungsgebiet festgestellt werden, nicht aber während der Untersuchungen im Jahre 2016.

Räumliche Muster

In der vorliegenden Studie nahmen die Artenzahlen im Untersuchungsgebiet mit der Höhe signifikant ab. In einigen Studien wurde belegt, dass die Seehöhe eine Auswirkung sowohl auf den Artenreichtum als auch auf die Artenzusammensetzung hat (Whittaker 1952, Hodkinson 2005, Schnepf 2010). So kann auch in der vorliegenden Studie die Höhendifferenz von beinahe 700 m neben der kürzeren Vegetationsperiode und der Temperaturabnahme (Hodkinson 2005), als weiterer wichtiger Einfluss für die Abnahme der Artenzahl angeführt werden. Sowohl in der Arbeit von Schnepf (2010) als auch von Zöchling & Fiedler (2015) zeigten die Individuenzahlen keine oder nur schwach wahrnehmbare Korrelationen mit der Höhe. In den Arbeiten von Leingärtner et al. (2014) und Zöchling & Fiedler (2015) wird postuliert, dass die Abundanzen von den Nektarressourcen abhängig sind und nicht von der Höhe per se. In der vorliegenden Untersuchung wurde regelmäßig auch das Blütenangebot in den Untersuchungsstrecken geschätzt. Es konnte gezeigt werden, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum blühende Pflanzen in allen Höhenstufen als Nektarquellen zur Verfügung standen (Savchenko, in Vorbereitung).

Aufgrund der Ähnlichkeit der Tagfaltergemeinschaften konnten wir deutlich zwei Gruppen identifizieren, wobei sich der Lebensraumtyp 4 (alpines Grasland) aus einer verarmten Lebensgemeinschaft der tiefer gelegenenen Lebensräume zusammensetzt. So konnten alle hier vorkommenden 12 Arten auch im Lebensraumtyp 3 (alpine Zwergstrauchheiden) gefunden werden.

In der Studie von Neumayer et al. (2005) wurde als Kriterium für die Biotoppräferenz einer Art eine Sichtungshäufigkeit von mehr als 50 % definiert. Wie stark sich allerdings

Einschätzungen ändern können, zeigen die Beispiele der beiden Wanderfalter *Vanessa cardui* und *Vanessa atalanta*. Bei *Vanessa cardui* fanden wir keine relative Häufigkeit > 50 % in einem bestimmten Lebensraumtyp. Dennoch erhält sie einen Indikatorwert für alpine Zwergstrauchheiden mit einer Signifikanz von $p < 0{,}034$. Da es sich um einen Wanderfalter handelt, ist es nachvollziehbar, dass der Falter grundsätzlich in allen Lebensraumtypen beobachtet werden konnte. Obwohl seine Häufigkeit in den alpinen Zwergstrauchheiden nicht über 50 % liegt und einen vergleichbaren Wert in den subalpinen Zwergstrauchheiden hat, spiegelt das nur die Route des Wanderfalters wider. *Vanessa atalanta* lieferte mit nur 6 Sichtungen ein ähnliches Bild. Auch dieser Falter wurde in allen Lebensräumen gesichtet. Die Strecken auf der Höhe der alpinen Zwergstrauchheiden scheinen Passagen einer langen Wanderroute zu sein. Somit sind beide Falter keine Indikatorarten für die alpinen Zwergstrauchheiden, ihr Hauptwanderweg muss aber aufgrund der signifikant häufigen Sichtungen genau zwischen diesen Strecken (2167–2405 m Seehöhe) liegen. Das räumliche Verteilungsmuster während der Vegetationsperiode blieb in etwa gleich.

Räumliche Verbreitung und Phänologie von *Erebia*

Die früh fliegende *Erebia pandrose* bevorzugt als Habitat kurzrasige Weiden, Alpmatten mit Borstgras (*Nardus stricta*) und Zwergsträucher in felsigen und steinigen Bereichen (Ebert & Rennwald 1991a, b, Sonderegger 2005). In dieser Studie lag die Habitatpräferenz in den alpinen Zwergstrauchheiden, vor allem auf den Strecken zwischen 2167–2405 m Seehöhe. Vergleicht man die Häufigkeiten zu tiefer liegenden Lebensräumen, so waren die Abundanzen von *Erebia pandrose* im alpinen Grasland hoch. In höheren Lagen dominiert *Nardus stricta*, die alternierend zu *Festuca*-Arten als Eiablage-Platz dienen könnte. Das subalpine Grasland stellt hingegen den Lebensraumschwerpunkt von *E. medusa, E. pharte, E. melampus* und *E. euryale* dar, was bei den drei Letztgenannten auch mit einem hohen Indikatorwert belegt werden konnte. *Erebia medusa* wird als ein typischer Vertreter der mageren und trockenen Wiesen und Weiden des subalpinen Grünlandes angesehen (Morier-Genoud 1991, Sonderegger 2005), wobei sie im Gegensatz zu den anderen Arten auch im Tiefland angetroffen werden kann. Anzumerken ist, dass *Erebia medusa* neben *E. pandrose* auch im alpinen Grasland vereinzelt anzutreffen war. *Erebia pharte* hat eine weite Verbreitung in der alpinen und subalpinen Stufe und ist vermutlich sehr anpassungsfähig bezüglich unterschiedlicher Lebensräume, allerdings scheinen Gebiete mit feuchteren Böden bevorzugt zu werden (Varga 1975, Sonderegger 2005). Unsere Untersuchung bestätigt, dass sie vereinzelt in feuchten Habitaten auch in größerer Höhe anzutreffen ist. Interessanterweise zeigt *Erebia eriphyle* ein ähnliches Bild; für diese Art wurde auch eine Bindung an eher feuchte Lebensräume festgestellt (Varga 1975). *Erebia melampus* wird laut Stettmer et al. (2011) als ein „Verschiedenbiotop-Bewohner" bezeichnet. Sie ist eine Art, die häufig Blüten besucht und oberhalb der Waldgrenze auf Weiden mit üppigem Gras und Kräuterwuchs vorkommt (Sonderegger 2005). Diese Beschreibungen lassen eine relativ hohe Abundanz für das subalpine Grasland gut begründen. *Erebia euryale* ist eine Charakterart der montanen und subalpinen Wälder und Waldwiesen, steigt auch über die Waldgrenze und wird dort vor allem auf feuchten, üppigen Wiesen beobachtet (Morier-Genoud 1991). Diese Ergebnisse ergeben ein ähnliches Bild wie jene in der Studie von Burmann (1944), wobei sich das Artenspektrum der *Erebia*-Arten

etwas unterscheidet. In dieser sind ebefalls unterschiedliche Flugzeiten und die räumliche Verteilung der Arten in unterschiedlichen Höhen zu sehen.

Anmerkungen zur Methode „Transektbegehung“

Aktuell sind 22 Länder am europaweiten „Butterfly Conservation Europe“ Van Swaay et al. (2017) beteiligt. Dabei handelt es sich um eine systematische Datenerfassung der Tagfalter nach einer standardisierten Erhebungsmethode (Transektbegehung), um langjährig erfasste Daten sowohl lokal-regional als auch überregional vergleichen zu können (Caldas & Robbins 2003, Scheifinger et al. 2005, Altermatt et al. 2008). In Österreich gibt es bislang noch keine längeren, standardisierten Beobachtungsreihen von Tagfaltern (Huemer et al. 2016). Vergleicht man die Beschreibungen des Monitorings anderer Länder, so gibt es keine explizite Vorgabe für die Länge des Transektes, sondern eher Vorschläge (Van Swaay et al. 2008, 2015). Die Angaben reichen von 50 (x4) m Abschnitten (Kühn et al. 2014) mit einem Transekt von 500 m, 3–10 Transekten mit einer Länge von 1 km von Van Swaay et al. (2015) oder ein Transekt von 2 km Länge mit einer Gehzeit zwischen 15–60 min (Van Swaay et al. 2008). Bis zu 2,5 km kann die Länge eines Transekt betragen (Biodiversitäsmonitoring Schweiz 2014), allerdings wird nicht explizit darauf hingewiesen wie sich die Länge der Strecke oder die Begehungszeit bei einem Weg mit einer deutlichen Steigung angepasst werden soll. Bei einer Gesamtstreckenlänge von 4480 m und einer Höhendifferenz von 674 m Seehöhe im Untersuchungsgebiet erwies sich eine Einteilung von 150–200 m für jede Strecke mit einer Höhendifferenz von ca. 25 m mit einer Begehungszeit von 12–15 Minuten als gut geeignet und praktikabel. Vor allem durch die besonders wechselhaften Wetterbedingungen in alpinen Lagen empfiehlt es sich für jede Strecke nicht länger als 15 Minuten Zeit für eine Begehung in Anspruch zu nehmen. Von der Koordinationsstelle „Biodiversitäts-Monitoring-Schweiz“ (2008) werden für höhere Lagen zwischen 4–6 Begehungsaufnahmen (mit einem Abstand von ca. 13 Tagen) vorgeschlagen, wobei der Beginn und das Ende der Erhebung flexibel gehandhabt wird und je nach jahreszeitlichem Witterungsverlauf vor oder zurückvergelgt wird. Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Studie, so empfehlen sich sogar noch deutlich frühere Begehungszeiten (Beginn spätestens Mitte Juni) und eine Verlängerung um eine oder zwei Wochen für die Registrierung auch spätfliegender Arten.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit dokumentiert die Phänologie alpiner Tagfalter (Papilionoidea) oberhalb der Waldgrenze während einer Vegetationsperiode (Sommer 2016) in den Zillertaler Alpen (Österreich) sowie deren räumliche Verbreitung und Artenzusammensetzung in den verschiedenen Habitaten entlang eines Höhengradienten von fast 700 m. Basierend auf dem „Butterfly Monitoring Scheme“ wurde die Methode an das alpine Gebiet angepasst, wobei an 23 Begehungstagen zwischen 28. Juni und 15. August 2016 35 Tagfalterarten mit 1356 Sichtungen erfasst werden konnten. Das Spektrum der Frühlingsarten, wie *Colias palaeno, Erebia pandrose, E. medusa und Callophrys rubi* unterschiedet sich von jenem später fliegenden Tagfalter, wie beispielsweise *Erebia melampus, E. eriphyle* und *E. manto*. Ein Höhengradient markiert die Trennungslinie zwischen subalpinen und alpinen Tagfaltergemeinschaften. Näher analysiert wurde die räumliche Verteilung der Vertreter

der Gattung *Erebia* auf 29 definierten Strecken. *Erebia pandrose* trat von Ende Juni bis Anfang Juli in allen Höhenlagen (1904–2580 m Seehöhe) auf, mit einer deutlichen Präferenz für höhere Lagen. Im selben Zeitraum fliegt *Erebia medusa*, jedoch mit einer Verbreitung in niedrigeren und mittelhohen Lagen (1904–2384 m Seehöhe). *Erebia pharte* war zwischen 1904–2209 m Seehöhe in der zweiten Hälfte der Untersuchungsperiode häufig. *Erebia melampus, E. manto und E. euryale* konnten gegen Ende Juli mit einem Verbreitungsschwerpunkt in tieferen Lagen (1904–2167 m Seehöhe) beobachtet werden. Die unterschiedlichen Flugzeiten und die räumliche Verteilung der Arten in spezifischen Habitaten in unterschiedlichen Höhen kann als ein Aspekt der Nischendifferenzierung interpretiert werden.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Herbert Kerschbaumsteiner und Eva-Maria Scheiber für das Korrekturlesen, bei Natália Tóthová für die Übersetzung des Abstracts, und bei John Plant für die Überprüfung der englischen Textteile. Für die finanzielle Unterstützung bedanken wir uns bei der Universität Wien und der Sektion Berlin des Deutschen Alpenvereins. Ein besonderer Dank gebührt dem Personal der Berliner Hütte, insbesondere dem Hüttenbetreiber Rupert Bürgler, für sein hilfsbereites Entgegenkommen.

Literatur

Altermatt F., Birrer S., Plattner M., Ramseier P. & Stalling T. 2008: Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. – Entomo Helvetica 1: 75–83.

Altermatt F. 2012: Temperature-related shifts in butterfly phenology depend on the habitat. – Global Change Biology 18: 2429–2438.

Burmann K. 1944: Ein Versuch zur schematischen Abgrenzung der Flugzeit und der Flughöhe bei Erebien in einem bestimmten Fluggebiet. – Zeitschrift der Wiener Entomologischen Gesellschaft 29: 65-68

De Arce Crespo J.I. & Gutiérrez D. 2011: Altitudinal trends in the phenology of butterflies in a mountainous area in central spain. – European Journal of Entomology 108: 651–658.

Balzer S., Schröder E., Ssymank A., Ellwanger G., Kehrein A & Rost S. 2004: Ergänzung der Anhänge zur FFH-Richtlinie auf Grund der EU-Osterweiterung: Beschreibung der Lebensraumtypen mit Vorkommen in Deutschland. – Natur und Landschaft 79(8): 341–349.

Bolz R. & Geyer A. 2003: Rote Liste gefährdeter Tagfalter (Lepidoptera: Rhopalocera). – Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe 166: 217–222.

Caldas A. & Robbins R.K. 2003: Modified pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity. – Biological Conservation 110: 211–219.

Dufrêne M. & Legendre P. 1997: Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. – Ecological Monographs 67: 345–366.

Ebert G. & Rennwald E. 1991a: Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Allgemeiner Teil: Systematik, Taxonomie und Nomenklatur, Faunistik und Ökologie, Gefährdung und Schutz, Datenverarbeitung; Spezieller Teil: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. – Ulmer Verlag, 552 pp.

Ebert G. & Rennwald E. 1991b. Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Spezieller Teil: Satyridae, Libytheidae, Lycaenidae, Hesperiidae. – Ulmer Verlag, 366 pp.

Embacher G. 1996: Die Tagfalter der Salzburger Hohen Tauern (Lepidoptera: Rhopalocera, Hesperiidae). – Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern 2: 43–74.

Embacher G., Gros P., Kurz M., Kurz M. & Zeller-Lukashort C. 2011: Die Schmetterlinge des Landes Salzburg. Systematisches Verzeichnis mit Verbreitungsangaben für die geologischen Zonen des Landes (Insecta: Lepidoptera). – Mitteilungen aus dem Haus der Natur 19: 5–89.

Engelmann H.D. 1978: Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. – Pedobiologia 18: 378–380.

Ettschberger U., Reinhardt R. & Steiniger H. 1991: Wanderfalter in Europa. – In: Zeitschrift der „Deutschen Forschungszentrale für Schmetterlingswanderungen", Atalanta 22: 17–67.

Ferretti G. 2015: Schmetterlinge der Alpen Der Bestimmungsführer für alle Arten. – Haupt Verlag, 352 pp.

Fischer M.A., Adler W. & Oswald K. 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol: Bestimmungsbuch für alle in der Republik Österreich, im Fürstentum Liechtenstein und in der Autonomen Provinz Bozen. – Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen (3. Auflage), 1392 pp.

Fischer J. & Lindenmayer D.B. 2007: Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. – Global Ecology and Biogeography 16: 265–280.

Grabherr G., Gottfried M. & Pauli H. 2000: Hochgebirge als 'hot spots' der Biodiversität: dargestellt am Beispiel der Phytodiversität. – Bericht der Reihnhold-Tüxen-Gesellschaft 12: 101–112.

Gutiérrez D. & Menendez R. 1998: Phenology of butterflies along an altitudinal gradient in northern Spain. – Journal of Zoology 244: 249–264.

Habeler H. 2001: Das zahlenmäßige Inventar an Schmetterlingen in den Höhenstufen der Steiermark (Lepidoptera). – Joannea Zool 3: 37–46.

Hickel C., Gereben-Krenn B.A., Zweimüller I. & Krenn H.W. 2016: Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern (Lepidoptera: Papilionoidea) in alpinen Lebensräumen in Österreich. – Entomologica Austriaca 23: 7–18.

Hodkinson I.D. 2005: Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. – Biological Reviews 80: 489–513.

Höttinger H. & Pennerstorfer J. 2005: Rote Liste der Tagschmetterlinge Österreichs (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea). – In: Zulka K.P. (Hrsg.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 1: Säugetiere, Vögel, Heuschrecken. – Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 14(1): 313–354.

Huemer P. 1998: Endemische Schmetterlinge der Alpen – Ein Überblick (Lepidoptera). – Stapfia 55: 229–256.

Huemer P. 2013: Die Schmetterlinge Österreichs (Lepidoptera) Systematische und faunistische Checkliste. – Studiohefte 12, Tiroler Landesmuseen, Ferdinandeum Volkskunstmuseum, Innsbruck, 304 pp.

Huemer P. 2016: Weckruf für den Schutz der Biodiversität in Österreich. Blühendes Österreich – REWE International gemeinnützige Privatstiftung Umweltschutzorganisation GLOBAL 2000/ Friends of the Earth Austria https://www.global2000.at/sites/global/files/Schmetterlingsreport_0.PDF [07.05.2017]: 38.

Huemer P. & Pennerstorfer J. 2004: Endemische Schmetterlinge in Österreich. – Denisia 13: 317–324.

Illán J.G., Gutiérrez D., Díez S.B. & Wilson R.J. 2012: Elevational trends in butterfly phenology: Implications for species responses to climate change. – Ecological Entomology 37: 134–144.

Klier W. 2013: Zillertaler Alpen – ein Führer für Täler, Hütten und Berge; Für Wanderer, Bergsteiger und Kletterer 12, 528 pp.

Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring-Schweiz 2008: Anleitung für die Feldarbeit zum Indikator 'Z7-Tagfalter'. Bern, Bundesamt für Umwelt. http://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user_upload/documents/daten/anleitungen/1010_Anleitung_Z7-Tagf_v15.pdf [07.05.2017]: 1–48.

Körner C. 1999: Plant ecology at high elevations. – In: Körner C.: Alpine Plant Life. – Springer Verlag: p. 1–7.

Körner C. 2003: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems: Growth dynamics and phenology. – In: Körner C.: Alpine Plant Life. – Springer Verlag: p. 221–233.

Kühn E., Musche M, Harpke A., Feldmann R., Metzler B., Wiemers M., Hirneisen N. & Settele J. 2014: Tagfalter-Monitoring Deutschland. – Oedippus 27: 48.

Lance G. & Williams W. 1976: Mixed-data classificatory programs. I. Agglomerative systems. – Aust Comput 1: 15–20.

Landolt E. 2010: Flora indicativa. Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps. – Haupt Verlag, 376 pp.

Leingärtner A., Krauss J. & Steffan-Dewenter I. 2014: Species richness and trait composition of butterfly assemblages change along an altitudinal gradient. – Oecologia 175: 613–623.

Morier-Genoud J. 1991: Tagfalter und ihre Lebensräume: Arten, Gefährdung, Schutz; Schweiz und angrenzende Gebiete. – Schweizerischer Bund für Naturschutz: 516.

Musche M. & Wiemers M. 2013: Konzept für ein Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt des Freistaates Thüringen. – Arbeit im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) : 105.

Neumayer J., Gros P. & Schwarz-Waubke M. 2005: Ressourcenaufteilung alpiner Gemeinschaften von Tagfaltern (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea) und Widderchen (Zygaenoidea): Phänologie, Höhen-und Biotoppräferenzen. – Linzer biologische Beiträge 37(2): 1431–1450.

Niklfeld H. & Schratt-Ehrendorfer L. 2007: Zur Flora des Zemmgrunds in den Zillertaler Alpen Ein Auszug aus den Ergebnisse der Floristischen Kartierung Österreichs. – Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung 16: 99–108.

Parmesan C. 2006: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – Annual Review of Ecology and Systematics 37: 637–669.

Parmesan C. 2007: Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. – Global Change Biology 13: 1860–1872.

Pennerstorfer J. 2013: Die Tagfalter des Wildnisgebietes Dürrenstein. –Schutzgebietsverwaltung Wildnisgebiet Dürrenstein 1: 232.

Pollard E. & Yates T.J. 1993: Monitoring butterflies for ecology and conservation. – Springer Netherlands, London, 274 pp.

Rabitsch W. & Essl F. 2009: Endemiten. Kostbarkeiten in Österreichs Pflanzen und Tierwelt. – Mit zahlreichen Einzelbeiträgen verschiedener Autoren. – Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten & Umweltbundesamt GmbH, 924 pp.

Regier J.C., Mitter C., Zwick A., Bazinet A.L., Cummings M.P., Kawahara A.Y., Sohn J.C, Zwickl D.J., Cho S., Davis D.R., Baixeras J., Brown J.P., Cynthia P., Weller S., Lees D.C., Mitter K.T. 2013: A Large-Scale, Higher-Level, Molecular Phylogenetic Study of the Insect Order Lepidoptera (Moths and Butterflies). – PLoS ONE 8: e58568.

Roy D.B. & Sparks T.H. 2000: Phenology of British butterflies and climate change. – Global Change Biology 6: 407–416.

Scheifinger H., Koch E. & Winkler H. 2005: Results of a first look into the Austrian animal phenological records. – Meteorologische Zeitschrift 14: 203–209.

Schnepf J. 2010: Diversity of diurnal Lepidoptera across an elevational gradient above the timberline: a case study from the Austrian Alps. – Diplomarbeit, Universität Wien, 38 pp.

Settele J., Steiner R., Reinhardt R., Feldmann R. & Hermann G. 2005: Naturführer Schmetterlinge. Die Tagfalter Deutschlands. – Verlag Eugen Ulmer, 256 pp.

Shields O. 1992: World distribution of *Vanessa cardui* Group (Nymphalidae). – Journal of the Lepidopterists' Society 46: 235–238.

Sømme L. 1989: Adaptarions of terrestrial arthropods to the alpine environment. – Biological Reviews 64: 367–407.

Sonderegger P. 2005: Die Erebien der Schweiz (Lepidoptera: Satyrinae, Genus *Erebia*). – Biel/Bienne (III): 712.

Ssymank A., Hauke U., Rückriem C. & Schröder E. 1998: Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. – BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 53, Landwirschaftsverlag, 560 pp.

Stefanescu C., Penuelas J. & Filella I. 2003: Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. – Global Change Biology 9: 1494–1506.

Stefanescu C., Páramo F., Akesson S., Alarcón M., Ávila A., Brereton T., Carnicer J. & Cassar L.F. 2013: Multi-generational long-distance migration of insects: Studying the painted lady butterfly in the Western Palaearctic. – Ecography 36: 474–486.

Stettmer C., Brau M., Gros P. & Wanninger O. 2011: Die Tagfalter Bayerns und Österreichs. – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) 2: 248.

Talavera G. & Vila R. 2016: Discovery of mass migration and breeding of the painted lady butterfly *Vanessa cardui* in the Sub-Sahara: The Europe-Africa migration revisited. – Biological Journal of the Linnean Society 120(2): 274–285.

Tolman T. & Lewington R. 1998: Naturführer: Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas. – Kosmos Verlag, 536 pp.

Van Swaay C.A.M., Plate C.L. & Van Strien A. 2002: Monitoring butterflies in the Netherlands: how to get unbiased indices. – Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of The Netherlands Entomological Society (N.E.V.) 13: 21–27.

Van Swaay C.A.M., Nowicki P., Settele J. & Van Strien A.J. 2008: Butterfly monitoring in Europe: Methods, applications and perspectives. – Biodiversity and Conservation 17: 3455–3469.

Van Swaay C.A.M., Brereton T., Kirkland P. & Warren M. 2012: Manual for Butterfly Monitoring. Report VS2012.010. – De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Butterfly Conservation UK & Butterfly Conservation Europe, Wageningen 2.

Van Swaay C.A.M., Regan C., Ling E., Bozhinovska M., Fernandez M., Marini-Filho O.J., Huertas B., Phon C.K., K"orösi A., Meerman J., Pe'er G., Uehara-Prado M., Sáfián S., Sam L., Shuey J., Taron D., Terblanche R. & Underhill L. 2015: Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring. – Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. – GEO BON Technical Series 1, 32 pp.

Van Swaay C.A.M., Kirkland P., Wiemers M., Munguira M., Verovnik R., Šašic M., Pettersson L. & Collins S. 2017: Butterfly Conservation Europe Activity Report 2016 6-Report VS2017.004. – Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Wageningen: 18.

Varga Z. 1975: Geographische Isolation und Subspeziation bei den Hochgebirgs-Lepidopteren der Balkanhalbinsel. – Acta entomologica jugoslavica 1: 5–39.

Voith J., Bräu M,. Dolek M., Nunner A. & Wolf W. 2016: Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Lepidoptera: Rhopalocera) Bayerns. – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): 19.

Whittaker R. 1952: A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains. – Ecological Monographs 22: 1–44.

Williams C.B. 1951: Seasonal changes in flight direction of migrant butterflies in the British Isles. – Journal of Animal Ecology 20: 180–190.

Zöchling A. & Fiedler K. 2015: Einfluss der Nutzungsintensität von Almen auf Tagfalter-Gemeinschaften (Lepidoptera : Papilionoidea) im Nationalpark Gesäuse (Österreich). – Entomologica Austriaca 22: 7–26.

Zografou K., Adamidis G.C., Grill A., Kati V., Wilson R.J. & Halley J.M. 2015: Who flies first? Habitat-specific phenological shifts of butterflies and orthopterans in the light of climate change: A case study from the south-east Mediterranean. – Ecological Entomology 40: 562–574.

Anschriften der Verfasser

Ekaterina Savchenko, MSc (Korrespondenz-Autorin), Department für Integrative Zoologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich; Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores Conicet La Plata-UNLP, Boulevard 120 s/n entre av. 60 y calle 64, La Plata, Buenos Aires, Código Postal 1900, Argentina.
E-Mail: ekaterina@cepave.edu.ar

Ao. Univ.- Prof. Mag. Dr. Harald W. Krenn, Dr. Norbert Milasowszky, Department für Integrative Zoologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich.

Lena Nicklas, MSc, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, 6020 Innsbruck, Österreich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologica Austriaca

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 0025

Autor(en)/Author(s): Savchenko Ekaterina, Nicklas Lena, Milasowszky Norbert, Krenn Harald W.

Artikel/Article: Zeitliche und räumliche Verteilung alpiner Tagfalter (Lepidoptera: Papilionoidea) entlang eines Höhengradienten in den Zillertaler Alpen (Österreich) 25-49